



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 41 040 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
B 23 K 26/06
G 02 B 27/09
G 02 B 27/10
H 01 S 3/25

②1 Aktenzeichen: 198 41 040.9
②2 Anmeldetag: 9. 9. 98
④3 Offenlegungstag: 11. 3. 99

DE 198 41 040 A 1

⑥6 Innere Priorität:
197 39 708. 5 10. 09. 97

⑦1 Anmelder:
ALLTEC Angewandte Laser Licht Technologie
Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Co.
Kommanditgesellschaft, 23569 Lübeck, DE

⑦4 Vertreter:
H. Wilcken und Kollegen, 23552 Lübeck

⑦2 Erfinder:
Albers, Ernst, Dr., 23564 Lübeck, DE; Seuthe,
Christian, 23569 Lübeck, DE; Steyer, Bernhard, Dr.,
23566 Lübeck, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung zum Markieren einer Oberfläche mittels Laserstrahlen

⑤7 Die Vorrichtung ist zum flächigen Strukturieren, Markieren oder Beschriften von Oberflächen mittels Laserstrahlen vorgesehen und weist ein aus Diodenlaserbarren gebildetes Diodenlaserarray als gepulste Strahlungsquelle auf. Jedem Diodenlaserbarren ist eine in der fast axis fokussierende Mikrooptik zugeordnet. Ein optisches Bauelement, daß das von der Diodenlaseranordnung ausgehende Strahlungsfeld räumlich umorientiert und die Strahlparameterprodukte der aufeinander senkrecht stehenden, in der Querschnittsebene des Strahlungsfeldes liegenden, charakteristischen Achsen des Strahlungsfeldes in ein neues, durch das optische Bauelement geändertes Verhältnis setzt, wodurch die Baugröße des abbildenden Objektivs minimiert wurde. Dem Strahlungsfeld ist weiterhin eine in der slow axis fokussierende Zylinderlinse zugeordnet. Im Fokusbereich gelangt das Strahlungsfeld in einen Homogenisierer in Form eines Glasstabes, an dessen Austritt eine Maske angeordnet ist. Über ein nachgeordnetes Objektiv wird die Maske auf die Werkstückoberfläche abgebildet und die Oberfläche durch Absorption von Laserstrahlung entsprechend der Maskenkontur strukturiert.

DE 198 41 040 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Strukturieren, Markieren bzw. Beschriften einer Oberfläche mittels Laserstrahlen mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Vorrichtungen dieser Art verändern durch Einwirkung von Laserstrahlung die Struktur einer Oberfläche und erzeugen beispielsweise beim Markieren und Beschriften einen sichtbaren Kontrast auf unterschiedlichsten Materialien. Beim Markieren und Beschriften einer Oberfläche mittels Laserstrahlen unterscheidet man im wesentlichen zwei Verfahren, das scannende Verfahren und das flächig bearbeitende Verfahren. Bei ersterem wird ein fokussierter, punktförmiger Laserstrahl mit kleinem Querschnitt (\varnothing 0,2 mm) mittels eines Ablenksystems über die Werkstückoberfläche geführt, bei letzterem Verfahren hingegen erfolgt wegen der hohen Pulsenergie und der geringen Wiederholfrequenz (typ. kleiner als 1 kHz) eine flächige Strukturierung (bis zu einigen 100 mm²). Dieses mit Laserpulsen arbeitende Verfahren wird beispielsweise für das Markieren mittels einer Maske eingesetzt. Wesentlich hierbei ist, daß in der Maskenebene die Laserstrahlung über ihren Querschnitt eine sehr homogene Leistungs- und Energiedichteverteilung aufweist, so daß eine flächige Bearbeitung der Werkstückoberfläche erfolgen kann derart, daß auch hier wiederum eine gleichmäßige Verteilung vorliegt, die zu einem äußerst gleichmäßigen Kontrast führt. Aufgrund der Homogenität erfolgt die Bearbeitung bis zu einer wohl definierten Tiefe; es treten keine störenden Effekte auf, wie das Einbrennen von Löchern oder sogenannte kreuzende Linien, die bei scannenden Verfahren ein grundsätzliches Problem darstellen.

Die Kontur der Maske, durch die die Strahlung hindurchtritt, wird mittels einer Optik auf die zu bearbeitende Werkstückfläche abgebildet. Neben der hohen Anforderung an die Homogenität der Leistungs- und Energiedichteverteilung in der Maskenebene, in der Praxis sind Abweichungen < 5% erforderlich, spielt auch die Wellenlänge der Laserstrahlung für die Qualität der Bearbeitung, insbesondere deren Abbildungsgenauigkeit, eine erhebliche Rolle.

Die verwendete Laserwellenlänge bestimmt das Auflösungsvermögen des Systems, so daß es insbesondere bei hochauflösenden Vorrichtungen entsprechend kurzer Wellenlängen bedarf. Dies ist der Grund, warum bei einigen Anwendungen die ansonsten bewährten und mit vergleichsweise hohem Wirkungsgrad arbeitenden CO₂-Laser nicht einsetzbar sind.

Darüber hinaus kann die Wahl des einzusetzenden Lasers nicht ausschließlich anhand der ermittelten Wellenlänge erfolgen, da bei der Anwendung eines Lasersystems andere Anforderungen von entscheidender Bedeutung sein können. Dies sind zumeist:

- kleine Baugröße,
- hoher Wirkungsgrad bei der Umwandlung elektrischer Leistung in Laserleistung,
- möglichst kein oder nur geringer Aufwand für Kühlmaßnahmen,
- hohe Lebensdauer des Systems,
- Wartungsarmut des Systems,
- robuster Aufbau und einfacher Einsatz,
- Vermeidung von Hochspannung, giftigen Gasen oder anderen möglichen Gefährdungen,
- Vermeidung von Verbrauchsstoffen wie Lasergas, Kühlwasser oder dergleichen.

Die vorerwähnten, insbesondere auch die Wirtschaftlichkeit wesentlich mitbestimmenden Anforderungen haben

dazu geführt, daß bisher für das Markieren mit gepulstem Laser im wesentlichen CO₂-Laser, Nd-YAG-Laser oder Excimer-Laser eingesetzt worden sind. Die CO₂-Laser arbeiten mit einem Wirkungsgrad von etwa 10%, die Nd-YAG-Laser mit einem von 4% und die Excimer-Laser mit einem von 2%, und dementsprechend hoch ist der Bedarf an Kühlleistung. Im übrigen enthalten die mit solchen Lasern ausgestatteten Vorrichtungen Komponenten, die eine häufige Wartung erforderlich machen und bei denen Verschleißteile wie beispielsweise Blitzlampen, Hochspannungsschalter etc. regelmäßig erneuert werden müssen. Bei den Gaslasern kommt erschwerend hinzu, daß im Betrieb Lasergas verbraucht wird. Darüber hinaus führen komplizierte Antriebs-, Steuerungs- und Kühlsysteme bei den oben genannten Lasertypen zu vergleichsweise großem Platz- und Raumbedarf.

In den letzten Jahren sind im Bereich der Halbleiterlaser erhebliche Fortschritte erzielt worden, so daß inzwischen Diodenlaser für die Materialbearbeitung eingesetzt werden können. Da bei der Materialbearbeitung vergleichsweise hohe optische Leistung benötigt wird, kommen auf diesem Gebiet vorwiegend Hochleistungsdiodenlaser (HDL) oder im Falle mehrerer kombinierter HDL auch HDL-Systeme zum Einsatz. Mit HDL-Systemen wurden bereits optische Leistungen im kW-Bereich und Intensitäten in der Größenordnung 10⁵ W/cm² erzeugt.

Vorteile bestehen gegenüber anderen Lasern vergleichbarer Leistung hauptsächlich in:

- geringer Baugröße,
- hoher Umwandlungseffizienz von 40 bis 50%
- geringem Aufwand für Kühlung
- hoher Lebensdauer und
- geringen Wartungsaufwendungen.

Hochleistungsdiodenlaser werden entweder indirekt nämlich als Pumplaser von Festkörperlaser oder aber zur direkten Bearbeitung, beispielsweise für das Lötten elektronischer Schaltungen oder zum Verschweißen von Kunststoff- oder Metallfolien eingesetzt. Neben einer Vielzahl weiterer Anwendungen, ist inzwischen auch das Markieren und Beschriften unter direkter Verwendung von Diodenlaserstrahlung bekannt.

Hierzu wurden bisher ausschließlich Vorrichtungen verwendet, die mittels scannenden Verfahrens arbeiten, wobei das Hochleistungsdiodenlaser-System seine optische Leistung kontinuierlich abgibt, der Laserstrahl mittels Optiken geformt und fokussiert wird und der Strahlfokus über eine Werkstückoberfläche relativ zu dieser geführt wird, entsprechend einer auf ihr zu erzeugenden Markierung oder Beschriftung. Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise in Haag, M., Materialbearbeitung mit einem Hochleistungsdiodenlaser-System in HDL-Systeme, Beitrag des Zentrum Fertigungstechnik Stuttgart (ZFS), Seiten 34 bis 36 und 38 beschrieben. Entscheidende Nachteile dieser Lösung bestehen darin, daß

- die Beschriftung nur mit vergleichsweise langsamen Bewegungen erfolgen kann
- durch die zeitliche Überlagerung des bewegten, runden Strahls und unterschiedliche Bewegungsrichtungen die Leistungsdichte auf dem Produkt nie wirklich gleichmäßig sein kann, und
- aufgrund der kontinuierlichen Einstrahlung eine hohe thermische Belastung der bearbeiteten Oberfläche nicht zu vermeiden ist.

Die genannten Nachteile weist ein Maskensystem dagegen nicht auf.

Daher ist es wünschenswert, die bereits weiter oben ge-

nannten vorteilhaften Eigenschaften eines Hochleistungsdiodenlasers mit denen des Maskenverfahrens für das Markieren bzw. Beschriften zu verbinden, was bisher nicht zum Stand der Technik zählt.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die vorgenannten Merkmale miteinander zu vereinigen und eine gattungsgemäße Vorrichtung so weiterzubilden, daß bei Berücksichtigung der eingangs erwähnten Anforderungen eine im Vergleich zu bekannten Vorrichtungen sehr viel kompaktere und sowohl qualitativ als auch quantitativ leistungsfähige und robuste Vorrichtung bei kostengünstigem Aufbau geschaffen wird.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die in Anspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung angegeben.

Erfindungsgemäß wird eine Anordnung von mehreren gepulst betriebenen Diodenlasern vorgesehen, der im Strahlverlauf eine fokussierende oder kollimierende Optik, ein Homogenisierer, eine Maske und ein Objektiv in dieser Reihenfolge nachgeschaltet sind. Mittels dieser Komponenten wird erreicht, daß das durch sie erzeugte Strahlungsfeld in seinem Querschnitt am Ort der Maske eine äußerst gleichmäßig verteilte Strahlintensität mit exakt definierten Abmessungen aufweist. Das im weiteren Strahlverlauf vorgesehene Objektiv dient dazu, die gleichmäßige Strahlintensitätsverteilung auf einer Materialoberfläche nutzbar zu machen und dadurch mit hoher Präzision und Konturschärfe eine flächige Strukturierung der Oberfläche zu erreichen.

Die flächige Bearbeitung der Oberfläche mittels Maske und gepulst betriebenen Diodenlaseranordnung vermeidet die sonst bei scannenden Verfahren grundsätzlich auftretenden Probleme, die einleitend im einzelnen aufgeführt sind und vereinigt die Vorteile des gepulsten flächig bearbeitenden Verfahrens mit denen von Diodenlasern, wobei durch vorteilhafte Strahlführung nicht, wie aus dem Stand der Technik bekannt, ein von einer Diodenlaseranordnung ausgehendes im Querschnitt flächiges oder linienförmiges Strahlbündel in aufwendiger Weise in ein punktförmiges umgewandelt wird, sondern dieses Strahlbündel mit nur geringem optischen Aufwand in ein homogenes flächiges Strahlbündel gewandelt wird, was hinsichtlich der charakteristischen Eigenschaften dieser nicht punktförmigen Strahlquelle eine wesentliche Vereinfachung bedeutet.

Als Diodenlaseranordnung im Sinne der Erfindung werden entweder mehrere nebeneinander angeordnete gepulste Diodenlaser paralleler Abstrahlrichtung eingesetzt oder aber bevorzugt mehrere nebeneinander angeordnete gepulste Diodenlaserbarren, die mit ihrer langen Austrittsseite (slow axis) parallel und nebeneinander zu einem Diodenlaserarray (stack) angeordnet werden. Dadurch, daß mehrere gepulste Diodenlaser nebeneinander, insbesondere mehrere gepulste Diodenlaserbarren zu einem Diodenlaserarray angeordnet sind, kann die Abstrahlleistung und Energie für die Strukturierung von Oberflächen im Maskenverfahren auf Werte angehoben werden, die bisher nur anderen Laserarten vorbehalten waren.

Der Einsatz von gepulsten Diodenlasern bzw. Diodenlaserbarren bringt im Vergleich zu anderen Laseranordnungen erhebliche Vorteile mit sich. Moderne Diodenlaser sind kompakt und robust im Aufbau. Bedingt durch ihren hohen Wirkungsgrad von über 40% bedürfen sie einer vergleichsweise geringen Kühlleistung, die in vielen Fällen allein durch Luftkühlung bereitgestellt werden kann. Im Vergleich zum CO₂-Laser haben sie eine kürzere Wellenlänge, was insbesondere bei der Markierung mittels Maske zu einer höheren Genauigkeit bzw. Auflösung führt.

Eine Diodenlaseranordnung bestehend aus mehreren Dio-

denlaserbarren im Sinne der obigen Beschreibung liefert ein Strahlungsfeld mit schlechten, für die Verwendung in einer Vorrichtung zur aufgabengemäßen flächigen Strukturierung einer Oberfläche im Maskenverfahren zunächst ungeeigneten erscheinenden Strahleigenschaften, wie hohe Divergenz, stark inhomogene Intensitätsverteilung über den Strahlquerschnitt und stark unterschiedliche Öffnungswinkel längs der beiden charakteristischen Achsen der Diodenlaseranordnung.

Trotz der genannten unvorteilhaften Strahleigenschaften gelingt es mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durch in geeigneter Weise kombinierte und dimensionierte strahlformende Komponenten, das Strahlungsfeld einer Diodenlaseranordnung für die flächige Strukturierung einer Oberfläche nutzbar zu machen. Dabei werden bekannte optische Bauelemente verwendet, die erst durch ihre richtige Auswahl, Anordnung, Dimensionierung und Justage, eine Vorrichtung bilden, die alle an die Erfindung gestellten Anforderungen erfüllt.

Der Strahl eines einzelnen Diodenlaserbarrens besitzt bei sehr geringer Höhe der Austrittsfläche (ca. 1 µm) in dieser Richtung (fast axis) einen sehr großen Öffnungswinkel (Divergenz). Zur Reduzierung der hohen Divergenz sieht die Erfindung vor, unmittelbar hinter dem Diodenlaserbarren eine kollimierende oder fokussierende Optik anzuordnen. Bevorzugt wird hierzu jedem Diodenlaserbarren eine entsprechende Mikrooptik zugeordnet. Die jeweilige Mikrooptik fokussiert bzw. kollimiert den vom Diodenlaserbarren ausgehenden Strahl in der schmalen Richtung (fast axis). Darüber hinaus können die Mikrooptiken zueinander ausgerichtet werden, so daß, wie in der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen, die im Querschnitt linienförmigen Einzelstrahlbündel auf eine gemeinsame Linie ausgerichtet werden. Dementsprechend konvergieren die Mittelachsen der Einzelstrahlbündel auf einen Punkt, dessen Position in bestimmten Grenzen frei wählbar ist.

Weiterhin ist eine Zylinderlinse zur Fokussierung in Querrichtung (slow axis) vorgesehen, bevor das Strahlbündel in den Homogenisierer eintritt und nach Durchlaufen desselben an dessen Ende mit über die gesamte Austrittsfläche homogener Leistungsdichte austritt. Die vorzugsweise auswechselbare Maske ist unmittelbar hinter der Strahlaustrittsfläche des Homogenisierers zwischen Strahlaustrittsfläche und dem dahinter befindlichen Objektiv vorgesehen, das die Maske vorzugsweise verkleinert abbildet, um die Leistungsdichte auf der zu behandelnden Oberfläche weiter zu erhöhen.

Aus DE-44 29 913-C1 ist eine Vorrichtung zum Plattieren von Metallplatten bekannt, die in Teilen der vorgenannten Vorrichtung ähnelt, jedoch gegenüber dieser wesentliche Merkmalsunterschiede aufweist. Die Vorrichtung ist darauf ausgelegt kontinuierlich erzeugte Diodenlaserstrahlung so aufzubereiten, daß am Bearbeitungsort eine möglichst lange schmale Linie mit homogener Intensitätsverteilung in Längsrichtung und hoher Leistungsdichte erzeugt wird, um einen länglichen Kontaktbereich zwischen Metallplatten zu erwärmen und in einen plastischen Zustand zu versetzen, so daß unter dem Druck zweier Walzen eine feste Verbindung der Metallplatten hergestellt wird.

Bei Vorrichtungen dieser Art ist beabsichtigt ein möglichst hohes Aspektverhältnis (Länge/Breite) des rechteckförmigen Strahlquerschnitts zu erzielen, um möglichst lange Fugelinien für das Plattieren vergleichsweise breiter plattenförmiger Verbundwerkstoffe zu ermöglichen. Dabei wird im wesentlichen auf eine homogene Intensitätsverteilung längs der Fugelinie Wert gelegt, die durch Einführen der Diodenlaserstrahlung in ein keilförmig zusammenlaufendes Prisma und anschließende Fokussierung mittels einer Zylinderlinse

auf den Bearbeitungsort erfolgt.

Eine im vorgenannten Patent beschriebene Vorrichtung ist aber nicht geeignet in praxisgerechter Weise flächige Strukturierungen, Markierungen bzw. Beschriftungen im Maskenverfahren durchzuführen und es ist, aus den im folgenden näher ausgeführten Gründen, ebenso nicht naheliegend eine derartige Vorrichtung zu diesem Zweck einzusetzen.

Für das flächige Strukturieren, Markierungen bzw. Beschriftungen im Maskenverfahren muß zunächst eine Maske in einer Ebene des Strahlengangs aufgestellt werden, in der die Intensitätsverteilung senkrecht zur Strahlausbreitungsrichtung homogen ist. Für die Übertragung der Intensitätsverteilung in der Maskenebene auf eine zu strukturierende Werkstückoberfläche genügt es nicht eine Zylinderlinse zu verwenden, es muß statt dessen ein in zwei Dimensionen abbildendes, möglichst verzerrungsarm arbeitendes Objektiv so eingesetzt werden, daß eine geometrische Abbildung der Maskenebene auf die Oberfläche des Werkstücks stattfindet.

Darüber hinaus ist es für einen kostengünstigen und kompakten Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung unverzichtbar, daß die durch die Laserdiodenanordnung bereitgestellte optische Leistung unter möglichst kleinem Öffnungswinkel aus dem Homogenisierer austritt und damit der für das Erfassen des gesamten Strahlungsfeldes nötige Durchmesser des abbildenden Objektivs klein gehalten wird. Entsprechend kleine Öffnungswinkel hinter dem Homogenisierer wirken sich außerdem in der Weise günstig aus, daß ein in der Regel preiswerteres und bessere Abbildungsqualität lieferndes Objektiv mit kleinerem Öffnungsverhältnis gewählt werden kann und daß der Arbeitsabstand - Abstand zwischen Objektiv und Werkstückoberfläche - vergrößert werden kann, was beispielsweise im Falle begrenzter Platzverhältnisse am Verwendungsort der Vorrichtung von Bedeutung sein kann.

Diodenlaseranordnungen weisen in der Regel sehr unterschiedliche Strahlparameterprodukte längs der charakteristischen Achsen (fast axis und slow axis) auf. Das hat zur Folge, daß bei vorgegebener Form der Austrittsfläche des Homogenisierers - zum Beispiel durch die Festlegung der Höhe und Breite eines rechteckigen Maskenfeldes - ein zumeist länglicher Strahlungsfeldquerschnitt im Bereich des abbildenden Objektivs auftritt, was dazu führt, daß der kreisförmige Querschnitt des Objektivs nur zum Teil und dem zur Folge nicht optimal genutzt wird. Die quer zur Ausbreitungsrichtung maximale Ausdehnung, des in das Objektiv eintretenden Strahlungsfeldes ist in diesem Fall maßgebend für den kleinst möglichen Objektivdurchmesser. Demgemäß darf der Objektivdurchmesser nicht über diese Grenze hinaus verkleinert werden, da sonst Laserleistung und im Strahlungsfeld enthaltene Maskeninformation verloren gingen.

Physikalische Gesetze erlauben es aber nicht, die Divergenz eines Strahlungsfeldes zu verkleinern, ohne dabei gleichzeitig seinen Durchmesser proportional zu vergrößern. Vielmehr ist das Produkt aus Divergenz und Strahlradius eines gegebenen Strahlungsfeldes - das sogenannte Strahlparameterprodukt - grundsätzlich konstant und beinhaltet die Strahlqualität zu der es in umgekehrt proportionalen Verhältnis steht.

Trotzdem ist es, mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich, unter Einsatz mindestens einer zusätzlichen optischen Komponente die Strahlparameterprodukte längs zweier orthogonaler, senkrecht zur Ausbreitungsrichtung stehender Achsen des Strahlungsfeldes in der Weise günstig zu beeinflussen, daß durch Reduzierung des Produktes in der einen Achse eine Zunahme in der jeweils anderen er-

folgt.

Die Erfindung sieht zu diesem Zweck eine Spiegelanordnung vor, mit der die Querschnittsform des Strahlungsfeldes in weiten Bereichen an die praktischen Erfordernisse angepaßt werden kann. Derartige Spiegelanordnungen oder Anordnungen mit vergleichbarer Wirkung sind insbesondere im Zusammenhang mit Laseranwendungen bekannt, es wird in diesem Zusammenhang nur beispielhaft auf DE 195 14 626 C2 oder US-PS 5,557,475 verwiesen, in denen solche Anordnungen beschrieben sind.

Neu ist hingegen, eine entsprechende Anordnung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum flächigen Strukturieren, Markieren bzw. Beschriften zu dem Zweck einzusetzen, ein von einer Diodenlaseranordnung in seiner Form vorgegebenes Strahlungsfeld so umzuformen, daß sich nach erfolgter Homogenisierung und unter der Randbedingung eines in Form und Abmessungen vorgegebenen Maskenfeldes, eine im Sinne der obigen Beschreibung an den Objektivquerschnitt angepaßte, optimale Strahlungsfeldverteilung ergibt.

Die Spiegelanordnung, die im Bereich zwischen Mikrooptik und Homogenisierer angeordnet ist, bewirkt eine Strahlbündelteilung bzw. Strahlbündelvervielfachung. Um die dann entstehenden Teilstrahlbündel wieder miteinander zu kombinieren, sieht die Erfindung in vorteilhafter Weise vor, mindestens einen Spiegel der Spiegelanordnung um eine Achse zu drehen, die senkrecht auf einer durch Haupt-eingangs- und Hauptausgangsstrahlrichtung gebildeten Ebene steht. Zweckmäßigerweise werden bei Verwendung von beispielsweise vier Spiegeln zwei Spiegel um diese Achse gedreht, um so ohne zusätzliche optische Elemente die geteilten Einzelstrahlbündel gemeinsam auf einen Fokusbereich zu richten und sie dort zu überlagern.

Aus allgemeinen Grundlagen der Optik ist bekannt daß die praktische Durchführung einer Homogenisierung einer Intensitätsverteilung innerhalb eines Laserstrahlquerschnitts in der Regel auch mit einer Zunahme des Strahlparameterproduktes des betreffenden Strahlungsfeldes verbunden ist.

Zur Erfüllung der an die erfindungsgemäße Vorrichtung gestellten Aufgabe einen kompakten, kostengünstigen Aufbau zu schaffen, ist es nötig eine durch Homogenisierung bedingte Zunahme des Strahlparameterproduktes so gering wie möglich zu halten.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung sieht zu diesem Zweck in vorteilhafter Weise vor, die von den einzelnen Diodenlaserbarren ausgehenden und durch Mikrooptiken kollimierten bzw. fokussierten Einzelstrahlbündel nicht parallel zueinander in einen aus einem keilförmigen Prisma bestehenden Homogenisierer einzukoppeln sondern, durch spezielle Ausrichtung der Mikrooptiken in Richtung der fast axis die im Querschnitt linienförmigen Einzelstrahlbündel auf eine gemeinsame Linie auszurichten und somit ein konvergierendes Bündel von Einzelstrahlen in den Homogenisierer einzukoppeln.

Durch diese, sich von der aus DE-44 29 913-C1 bekannten Anordnung unterscheidende, vorteilhaft weiterentwickelte Vorrichtung gelingt es den Divergenzwinkel der homogenisierten Strahlung auf einen vergleichsweise geringen Wert zu begrenzen, so daß gerade noch eine für das Strukturieren, Markieren bzw. Beschriften ausreichende Homogenität erreicht wird, aber kein unnötig hoher Divergenzwinkel hinter dem Homogenisierer dazu führt, daß ein mit großem Öffnungsverhältnis ausgestattetes, entsprechend teures, abbildendes Objektiv verwendet werden muß.

Darüber hinaus ist die zur Fokussierung in Richtung der slow axis zwischen Mikrooptiken und Homogenisierer vorgesehene Zylinderlinse um ihrer optische Achse drehbar gelagert. Liegt der wirksame Querschnitt der Zylinderlinse ex-

akt parallel zur slow axis, so bleibt das Strahlungsfeld in der auf ihr senkrechtstehenden fast axis unbeeinflusst. Durch Verdrehung der Zylinderlinse um kleine Winkel (einige Grad) kann auf einfache Weise die Divergenz der Einzelstrahlbündel in Richtung der fast axis leicht erhöht und somit der Grad der Homogenität am Austritt des Homogenisierers gesteuert und in vorteilhafter Weise optimiert werden.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen in stark vereinfachter und schematisierter Darstellung:

Fig. 1 die Abstrahlfläche eines Diodenlaserbarrens in vergrößerter Darstellung,

Fig. 2 eine Seitenansicht eines Diodenlaserbarrens mit nachgeschalteter Mikrooptik,

Fig. 3 eine Seitenansicht eines aus Diodenlaserbarren aufgebauten stacks mit nachgeschalteter Mikrooptik und fokussierender Linse,

Fig. 4 den prinzipiellen Aufbau einer Spiegelanordnung,

Fig. 5 die Strahlformung durch eine Mikrooptik und eine nachgeschaltete Spiegelanordnung in der Ebene der slow axis und Abstrahlrichtung der Diodenlaseranordnung (X-Z-Ebene),

Fig. 6 die Strahlformung einer Mikrooptik und einer Spiegelanordnung bei zusätzlichem Verdrehen zweier Spiegel um den Winkel α in Darstellung nach Fig. 5,

Fig. 7 den Strahlenverlauf in einer Spiegelanordnung in der durch fast axis und Abstrahlrichtung der Diodenlaseranordnung gebildeten Ebene (X-Y-Ebene),

Fig. 8 den Strahlenverlauf in der Spiegelanordnung mit nachfolgender fokussierender Optik in der Ebene gebildet durch fast axis und slow axis (Z-Y-Ebene),

Fig. 9 die Intensitätsverteilung des Strahlungsfeldes vor Eintritt in den Homogenisierer,

Fig. 10 den Strahlenverlauf innerhalb des Homogenisierers,

Fig. 11 einen Homogenisierer in zwei sich um 90° unterscheidenden Seitenansichten,

Fig. 12 den Gesamtaufbau der Vorrichtung in der X-Z-Ebene,

Fig. 13 den Gesamtaufbau der Vorrichtung in Y-Z-Ebene,

Fig. 14 eine alternative Strahlenführung zu der anhand von Fig. 2 erläuterten,

Fig. 15 den Gesamtaufbau eines alternativen Ausführungsbeispiels der Vorrichtung mit einem aus gekreuzten Zylinderlinsen-Arrays gebildeten Homogenisierer und

Fig. 16 die Einkoppelung von parallelen Einzelstrahlbündeln in einen aus einem Glasstab gebildeten Homogenisierer und in direktem Vergleich die Einkoppelung von konvergent zusammenlaufenden Einzelstrahlbündeln in einen aus einem Glasstab gebildeten Homogenisierer.

Wie anhand der Gesamtdarstellungen gemäß Fig. 12 und 13 ersichtlich, weist die Vorrichtung ein aus Diodenlaserbarren 1 gebildetes Diodenlaserarray 2 (stack) auf. Das dargestellte Diodenlaserarray 2 besteht aus acht nebeneinander angeordneten, gepulst betriebenen Diodenlaserbarren 1. Jeder Diodenlaserbarren 1 erzeugt ein flaches Strahlbündel, etwa entsprechend der Querschnittsform der in Fig. 1 dargestellten Abstrahlfläche, das in Richtung der Achse 3, die als slow axis bezeichnet wird, eine etwa zehntausendfach größere Ausdehnung als in Richtung der Achse 4, die als fast axis bezeichnet wird, hat. Die beim Ausführungsbeispiel eingesetzten Diodenlaserbarren 1 haben eine Abstrahlfläche einer Breite B von 10 mm und einer Höhe H von $1\text{ }\mu\text{m}$.

Ein solcher Diodenlaserbarren 1 ist ein monolithisches Element, das aus einzelnen Hochleistungsdiodenlaserstreifen besteht, deren emittierende Flächen Abmessungen von

etwa $1\text{ }\mu\text{m} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen. Die Einzelemitter sind mit ihrer breiten Achse nebeneinander aufgereiht und untereinander phasengekoppelt. Sie bilden zusammen einen Barren von 10 mm Breite. Das aus der in Fig. 1 sichtbaren Abstrahlfläche emittierte Strahlbündel hat einen etwa elliptischen Querschnitt, wobei sich in Richtung der Achse 4 eine erheblich größere Divergenz als in Richtung der Achse 3 ergibt. Dabei ist das Strahlparameterprodukt in Richtung der Achse 4 etwa tausendmal kleiner als in Richtung der Achse 3.

Die Diodenlaserbarren sind mit ihren Abstrahlflächen in einer Ebene liegend parallel nebeneinander zu einem Diodenlaserarray 2 angeordnet, derart, daß die Achsen 3 parallel zueinander liegen und die Achsen 4 der Diodenlaserbarren 1 fluchten.

Um die Divergenz in Richtung der Achse 4 zu reduzieren, sind unmittelbar hinter den emittierenden Flächen der Diodenlaserbarren 1 Mikrooptiken 5 in Form von Zylinderlinsen angeordnet. Je nach Anforderungen können die Mikrooptiken 5 auch durch andere geeignete Mikrolinsen mit sphärischen oder asphärischen Flächen kombiniert mit Planflächen gebildet sein. Die durch die Mikrooptiken 5 bewirkte Strahlformung ist anhand von Fig. 2 dargestellt.

Um die von den einzelnen Diodenlaserbarren 1 ausgehenden Strahlbündel nicht nur in Richtung ihrer Achse 4 zu fokussieren bzw. zu kollimieren, sondern auch die Einzelstrahlbündel zur Deckung zu bringen, sind die Mikrooptiken 5, wie anhand von Fig. 3 dargestellt, in X'-Richtung so ausgerichtet, daß die von den Diodenlaserbarren 1 ausgehenden Einzelstrahlbündel in einem Fokusbereich 6 zusammenfallen. Um weiterhin eine Fokussierung, das heißt eine Verringerung der Strahlbündelbreite in Richtung der Achse 3 zu erreichen, ist eine fokussierende Linse 7 in Form einer Zylinderlinse vorgesehen, die so ausgebildet ist, daß sämtliche Einzelstrahlbündel von dieser erfaßt und fokussiert werden.

Anstelle der Ausrichtung der Mikrooptiken 5 können auch entsprechende Prismenanordnungen Verwendung finden oder eine sämtliche Einzelstrahlbündel zum Fokusbereich 6 hin fokussierende Zylinderlinse 8 vorgesehen sein, wie dies beispielhaft anhand von Fig. 14 dargestellt ist.

Da die Emitterflächen der Diodenlaserbarren 1 und somit auch des Diodenlaserarrays 2 nicht frei wählbar sind, sondern in der Praxis durch die Größe der handelsüblichen Diodenlaserbarren bestimmt sind, wird in der Regel eine weitere Strahlformung des vorhandenen Strahlungsfeldes erforderlich sein, wie dies auch beim beschriebenen Ausführungsbeispiel der Fall ist. Dort gilt es nämlich, das Verhältnis in Breite und Höhe zu verändern und in seiner Erstreckung und Divergenz senkrecht zur Ausbreitungsrichtung (X-Y-Ebene) an den kreisförmigen Querschnitt des die Vorrichtung abschließenden Objektivs 9 anzupassen, um die Abmessungen und das erforderliche Öffnungsverhältnis des Objektivs minimieren zu können.

In Hinblick auf die genannten Anforderungen ist das aus den Einzelstrahlbündeln 10 bestehende Strahlungsfeld, dessen Strahlparameterprodukt in Richtung der Achse 4 deutlich kleiner ist als in Richtung der Achse 3, so umorientiert worden, daß eine Anpassung des Verhältnisses beider Werte stattfindet, an das von Form und Abmessung der Austrittsfläche 26 des Homogenisierers 11 abhängige und für eine in beiden Achsrichtungen gleichmäßige, im Durchmesser minimale Ausleuchtung des Objekts 9 erforderliche Verhältnis der Strahlparameterprodukte hinter einem Homogenisierer 11. Zu diesem Zweck ist eine Spiegelanordnung 12 vorgesehen, und zwar im Bereich zwischen den Mikrooptiken 5 bzw. der Zylinderlinse 8 und der Zylinderlinse 7.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel besteht die Spiegelanordnung 12, die zweistufig ausgebildet ist, jedoch

auch beliebig mehrstufig ausgebildet sein kann, aus vier Spiegeln 13, 14, 15 und 16, deren Funktion anhand von Fig. 4 dargestellt ist. Die beiden im Strahlverlauf ersten Spiegel 13 und 14 sind in Z'-Richtung versetzt hintereinander angeordnet (Fig. 4 und Fig. 7). Sie teilen das eintretende Strahlungsfeld, das senkrecht zur Ausbreitungsrichtung eine zweidimensionale linienförmige Feldverteilung 17 (siehe Fig. 3) aufweist, in zwei gleiche Teile und lenken diese im rechten Winkel auf die ihnen zugeordneten zweiten Spiegel 15 und 16, die jeweils in Z-Richtung gegeneinander versetzt sind (Fig. 4 und Fig. 8). Durch diese Spiegelanordnung erhält das austretende Strahlungsfeld 18 die in Fig. 4 dargestellte Form, die der Eintrittsfeldverteilung 17 in um 90° gedrehter und doppelt nebeneinander angeordneter Form im wesentlichen entspricht. Je nach Anzahl und Anordnung der Stufen bzw. Spiegel können nahezu beliebige Strahlungsfeldverteilungen erzeugt werden. Welche Feldverteilung geeignet ist, richtet sich nach der gewünschten vorzugsweise rechteckigen Form des homogenisierten Strahlungsfeldes im Bereich der Maske 29, im folgenden kurz Maskenfeld genannt. In diesem Zusammenhang ist das Aspekt Verhältnis (das Verhältnis Länge/Breite) des Maskenfeldes und die Divergenz des aus dem Homogenisierer austretenden Strahlungsfeldes längs der beiden charakteristischen Achsen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung von Bedeutung, wie im folgenden noch näher beschrieben.

Wenn die ersten und zweiten Spiegel jeweils parallel zueinander angeordnet werden, ergibt sich eine Strahlformung, wie sie aus Fig. 5 ersichtlich ist. Die Einzelstrahlbündel 10 aller Diodenlaserbarren 1 werden durch die Mikrooptik 5 kollimiert und durch die Spiegelanordnung 12 in zwei Strahlungsfelder 19 und 20 geteilt und umorientiert, wobei sie in der X-Z-Ebene nunmehr auf zwei Fokusbereiche zulaufen (siehe Fig. 5). Um eine Überlagerung dieser Strahlungsfelder 19 und 20 im Fokus bzw. Fokusbereich 6 der Mikrooptiken 5 zu erreichen, sind die zweiten Spiegel 15 und 16 um einen Winkel α bzw. α' zur Z-Richtung (siehe Fig. 6) gegensinnig schräg gestellt, so daß die Strahlungsfelder 19 und 20 im Fokusbereich 6 zusammenfallen. Die Spiegel 15 und 16 der Spiegelanordnung 12 sind also in der X-Z-Ebene jeweils um den Winkel α bzw. α' gedreht, wobei der Spiegel 15 gegen und der Spiegel 16 im Uhrzeigersinn gedreht ist. Dadurch fallen die Strahlungsfelder 19 und 20 im Fokusbereich 6 zusammen, der sich im vorliegenden Ausführungsbeispiel in der Ebene der Einkoppelfläche 21 des Homogenisierers 11 befindet, aber auch abhängig von Randbedingungen wie beispielsweise Eingangsstrahlparameter, Maskenfeldgröße und -form an Orten vor, im oder sogar hinter dem Homogenisierer 11 positioniert sein kann. In Y-Richtung werden die Strahlungsfelder 19 und 20 mittels der Zylinderlinse 7 gebündelt, und zwar ebenfalls zum Fokusbereich 6 hin. Die Zylinderlinse 7 ist um einen kleinen Winkel in ihrer optischen Achse gedreht, wodurch die Eingangsstrahlparameter für den Homogenisierer 11 auch in X-Richtung auf einfache Weise optimiert werden.

Der Homogenisierer 11 ist ein Glasstab mit rechteckigem Querschnitt, dessen Längsachse mit der optischen Achse 27 der Vorrichtung zusammenfällt. Ein Teil des durch die Einkoppelfläche 21 eintretenden Strahlungsfeldes durchläuft den Glasstab direkt, ohne eine der Seitenflächen 22 bis 25 zu erreichen. Der verbleibende divergente Teil wird an den Seitenflächen 22 bis 25 mindestens einmal totalreflektiert. Der Winkel γ , unter dem die Laserstrahlen in den Homogenisierer 11 eindringen, darf einen vorgegebenen maximalen Wert nicht überschreiten, damit sichergestellt ist, daß der Grenzwinkel für die Totalreflektion an den Seitenflächen nicht unterschritten und somit Teile des Strahlungsfeldes seitlich austreten und für die Oberflächenstrukturierung wirkungs-

los werden.

Der Homogenisierer 11 weist eine Austrittsfläche 26 auf, an der sich die Teile des Strahlungsfeldes, welche totalreflektiert worden sind und die, welche ohne Reflexion durchgegangen sind, überlagern, so daß beispielsweise bei einer Intensitätsverteilung (relative Intensität I) an der Einkoppelfläche 21 des Homogenisierers 11 gemäß Fig. 9, sich eine völlig gleichmäßige Intensitätsverteilung an der Austrittsfläche 26 ergibt.

Anhand von Fig. 10 ist der Einzelstrahlverlauf innerhalb des Homogenisierers 11 dargestellt. In punktierten Linien ist der Strahlverlauf zu den imaginären Punkten P dargestellt, von denen die totalreflektierten Strahlungsteile an der Austrittsfläche 26 des Homogenisierers 11 auszugehen scheinen.

Wie anhand von Fig. 9 ersichtlich, weist die Intensitätsverteilung auf der Einkoppelfläche 21 im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine elliptische Form auf, wobei die Divergenz Θ_{ye} bzw. Θ_{xe} der eintretenden Strahlung und ebenso der Strahlungsfelddurchmesser d_{ye} bzw. d_{xe} jeweils in Y-Richtung größer ist als in X-Richtung. Darüber hinaus ist der Strahlungsfelddurchmesser d_{xe} auf der Einkoppelfläche 21 größer als die geforderte Seitenlänge der zu homogenisierenden Fläche in X-Richtung bzw. die Kantenlänge a der Austrittsfläche 26. Damit sichergestellt ist, daß keine Strahlung bei der Einkoppelung in den Homogenisierer 11 verlorengeht, ist die Kantenlänge der Einkoppelfläche 21 in X-Richtung an den Strahlungsfelddurchmesser d_{xe} angepaßt. Dementsprechend sind die Seitenflächen 24 und 25 um einen Winkel ϵ zur optischen Achse 27 der Vorrichtung geneigt und das Strahlungsfeld verläßt den Homogenisierer 11 mit einer gegenüber der Eingangsdivergenz Θ_{xe} erhöhten Divergenz Θ_{xa} , anders als im Falle paralleler Seitenflächen 22, 23, wo die Divergenz des austretenden Strahlungsfeldes gegenüber der des eintretenden Strahlungsfeldes annähernd konstant bleibt ($\Theta_{ye} = \Theta_{ya}$). Bezogen auf die optische Achse 27 nimmt der Winkel β (Fig. 11) eines Strahles 28 bei jeder Reflexion an einer der geneigten Seitenflächen 24 und 25 des Homogenisierers 11 um 2ϵ zu. Unter Berücksichtigung einer für gute Homogenität der Intensitätsverteilung auf der Austrittsfläche 26 ausreichenden Anzahl interner Reflexionen an den Seitenwänden 22 bis 25 ist bei der dargestellten Ausführungsform der Homogenisierer 11 so dimensioniert, daß die beiden orthogonal zueinander stehenden Divergenzen Θ_{xa} und Θ_{ya} etwa gleich sind, wohingegen die Kantenlängen der Austrittsfläche 26a und b im Verhältnis wie 1 zu 3 stehen.

In geringem Abstand hinter der Austrittsfläche 26 des Homogenisierers 11 ist eine Maskenbühne vorgesehen, in der eine auswechselbare, im wesentlichen flächige Maske 29 eingesetzt ist. Die Maske kann beispielsweise in Form einer dünnen Metallplatte gebildet sein oder aber auch aus einem durchsichtigen Trägermaterial mit aufgedampfter dielektrischer oder Metallschicht bestehen, wobei entsprechend der gewünschten Markierung Bereiche der Maske lichtdurchlässig und andere Bereiche lichtundurchlässig sind. Eine solche Maske 29 ist in Fig. 12 beispielhaft dargestellt. Derartige Masken sind an sich bekannt und können beispielsweise auf fotolithographischem Weg hergestellt werden. Durch die transparenten, lichtdurchlässigen Bereiche der Maske 29 können die aus dem Homogenisierer 11 austretenden Strahlen hindurchtreten, nicht jedoch durch die lichtundurchlässigen Bereiche. Durch das Objektiv 9 wird ein der Maskenkontur 29 entsprechendes Bild für die Dauer eines Laserpulses auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche 30 projiziert, wobei in den Bereichen der Lichtdurchlässigkeit der Maske eine entsprechende flächige Strukturierung auf der Oberfläche des Werkstückes und somit beispielsweise

eine Markierung erfolgt. Ein vergleichbarer Effekt kann mit einer diffraktiven Maske erreicht werden. Es handelt sich dabei beispielsweise um ein für die Laserwellenlänge transparentes optisches Element, das in definierten Bereichen des Strahlquerschnitts Phasenverschiebungen bzw. Phasensprünge verursacht und dadurch die Strahlung beugt in der Weise, daß auf einer Werkstückoberfläche nur Flächenelemente innerhalb vorbestimmter Konturen strukturiert werden, abhängig von der Ausgestaltung der diffraktiven Maske und den Spezifikationen des eintretenden Strahlungsfeldes.

Durch die vorerwähnte annähernde Übereinstimmung der Divergenzen Θ_{x1} und Θ_{y1} kann eine gleichmäßige Ausnutzung der kreisförmigen Apertur des Objektives 9 erfolgen, wodurch das Öffnungsverhältnis des Objektives vergleichsweise klein gewählt und somit ein kleines, leichtes und kostengünstiges Objektiv eingesetzt werden kann.

Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung sieht vor, anstelle des vorerwähnten prismenförmigen Homogenisierers, Anordnungen zu verwenden, wie sie aus dem Bereich der Homogenisierung von Excimerlaser-Strahlung bekannt und verbreitet sind. Eine in Fig. 15 dargestellte Anordnung dieser Art, zerteilt das zu homogenisierende Strahlungsfeld, beispielsweise mittels zweier, hintereinander angeordneter, jeweils aus gekreuzten Zylinderlinsen gebildeter Arrays 31, in Einzelstrahlbündel, die dabei in der Achse ihrer Ausbreitungsrichtung um 180° gedreht werden und anschließend von einer Sammellinse 32 so überlagert werden, daß in einem Abstand hinter der Anordnung das Strahlungsfeld einen Querschnitt mit homogener Intensitätsverteilung aufweist. Alternativ könnten statt der Zylinderlinsenarrays 31 beispielsweise auch Arrays aus Sammellinsen Verwendung finden. Nachfolgend werden in gleicher Weise wie im ersten Ausführungsbeispiel Maske und Objektiv angeordnet.

Bezugszeichenliste

1	Diodenlaserbarren	35
2	Diodenlaserarray	
3	slow axis	
4	fast axis	40
5	Mikrooptik	
6	Fokusbereich	
7	Zylinderlinse	
8	Zylinderlinse in Fig. 14	
9	Objektiv	45
10	Einzelstrahlbündel	
11	Homogenisierer	
12	Spiegelanordnung	
13, 14	erste Spiegel	
15, 16	zweite Spiegel	50
17	Feldverteilung am Eintritt der Spiegelanordnung 12	
18	Feldverteilung am Austritt der Spiegelanordnung 12	
19	Strahlungsfeld	
20	Strahlungsfeld	
21	Einkopffläche des Homogenisierers	55
22, 23	parallele Seitenflächen	
24, 25	schräge Seitenflächen	
26	Austrittsfläche des Homogenisierers	
27	optische Achse	
28	Strahl	60
29	Maske	
30	Werkstückoberfläche	
31	Zylinderlinsen-Array	
32	Sammellinse	
a	Kantenlänge	65
b	Kantenlänge	
B	Breite der Abstrahlfläche	
H	Höhe der Abstrahlfläche	

P imaginäre Punkte

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Strukturieren, Markieren oder Beschriften einer Oberfläche mittels Laserstrahlen mit einer aus mehreren Diodenlasern bestehenden Laseranordnung und mindestens einem nachgeschaltetem optischen Bauelement zur Strahlformung, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Diodenlaseranordnung (2) gepulst betrieben ist und dieser mindestens eine fokussierende oder kollimierende Optik (5, 7, 8), mindestens ein Homogenisierer (11), mindestens eine Maske (29) und ein abbildendes Objektiv (9) in dieser Reihenfolge nachgeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Diodenlaseranordnung (2) durch mindestens einen Diodenlaserbarren (1) gebildet ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Diodenlaserbarren (1) mit ihrer langen Austrittsseite (3) (slow axis) parallel und nebeneinander zu einem Diodenlaserarray (2) (stack) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Diodenlaserbarren (1) eine fokussierende oder kollimierende Mikrooptik (5) vorzugsweise in Form einer Zylinderlinse zugeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der fokussierenden oder kollimierenden Optik (5) und dem abbildenden Objektiv (9) ein optisches Bauelement vorgesehen ist, das das von der Diodenlaseranordnung (2) ausgehende, durch die Strahlbündel (10) gebildete Strahlungsfeld in der Weise formt, daß eine Umordnung des Strahlungsfeldes erfolgt derart, daß die Strahlparameterprodukte der aufeinander senkrecht stehenden, in der Querschnittsebene des Strahlungsfeldes liegenden, charakteristischen Achsen des Strahlungsfeldes in einem durch das optische Bauelement geändertem Verhältnis zueinander stehen.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zwischen der fokussierenden oder kollimierenden Optik (5) und dem abbildenden Objektiv (9) vorgesehene optische Bauelement zur Änderung der Strahlparameterprodukte längs der charakteristischen Achsen des Strahlungsfeldes eine Spiegelanordnung (12) ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Spiegel (15, 16) der Spiegelanordnung (12) um eine Achse gedreht ist, die senkrecht auf einer durch Haupteingangs- und Hauptausgangsstrahlrichtung gebildeten Ebene (X-Z) steht.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die fokussierenden oder kollimierenden Optiken (5, 7, 8) aller Diodenlaserbarren (1) so angeordnet sind, daß die austretenden Strahlbündel (10) auf denselben Fokusbereich (6) gerichtet sind.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Fokusbereich (6) innerhalb des Homogenisierers liegt.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Diodenlaserbarren (1) ausgehenden, durch die Mikrooptik (5) im wesentlichen parallel laufenden Strahlbündel (10) auf mindestens ein zwischen Mikrooptik (5) und

Homogenisierer (11) angeordnetes optisches Bauelement (8) treffen, das alle Strahlenbündel auf denselben Fokusbereich (6) richtet.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das zwischen Mikrooptik (5) und Homogenisierer (11) angeordnete optische Bauelement eine Zylinderlinse (8) ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der fokussierenden oder kollimierenden Optik (5) und dem Homogenisierer (11) mindestens eine Zylinderlinse (7) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Homogenisierer (11) ein Stab mit rechteckigem Querschnitt ist und dessen Seitenwände im Inneren des Stabes Laserstrahlung reflektieren.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Homogenisierer (11) ein Glasstab ist, der mindestens 2 Seitenwände (24, 25) aufweist, die keilförmig zusammenlaufen.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Homogenisierer (11) aus mindestens einem Array (31) von gekreuzt angeordneten Zylinderlinsen und mindestens einer Sammellinse (32) besteht.

16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Objektiv (9) eine vorzugsweise auswechselbare Maske (29) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (29) ein diffraktives optisches Element ist.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektiv ein verkleinerndes Objektiv ist.

19. Verwendung mindestens eines gepulst betriebenen Diodenlaserbarrens zur flächigen Strukturierung, Markierung oder Beschriftung einer Oberfläche.

20. Verwendung eines aus gepulst betriebenen Diodenlaserbarren gebildeten Diodenlaserarrays zur flächigen Strukturierung, Markierung oder Beschriftung einer Oberfläche.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

Fig. 1

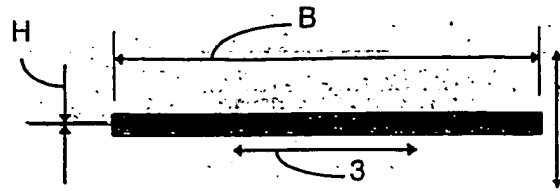


Fig. 2

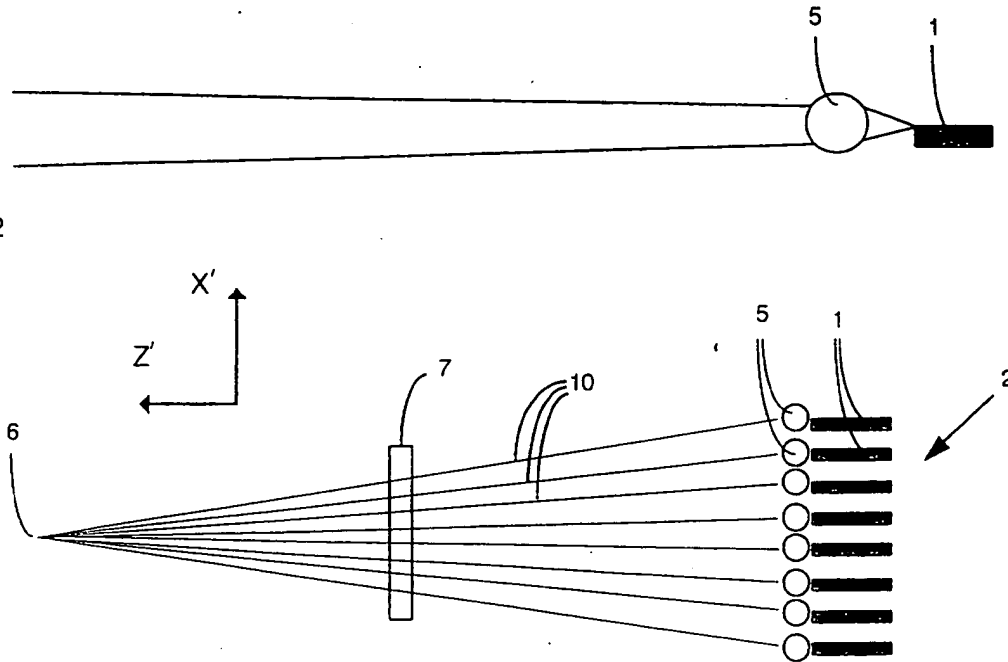


Fig. 3

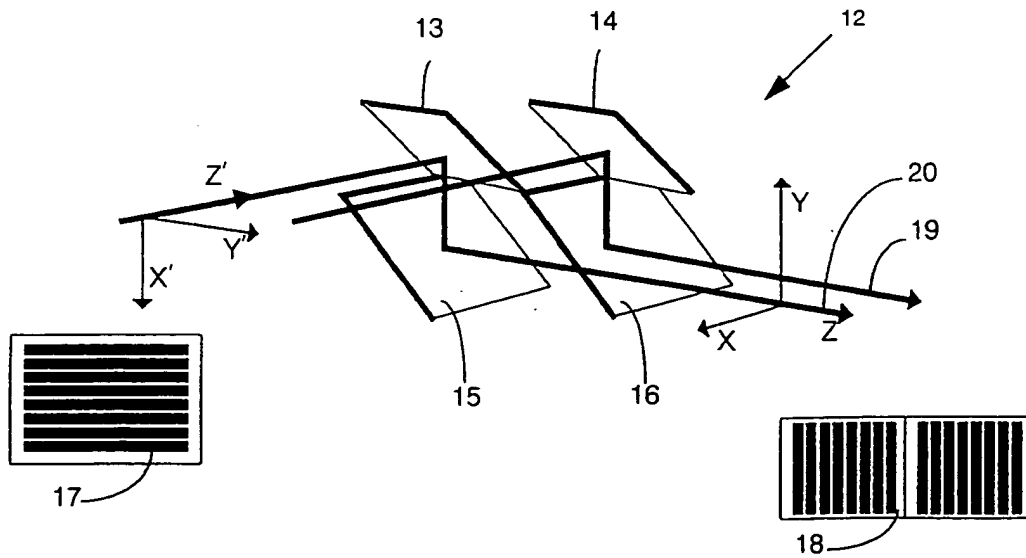
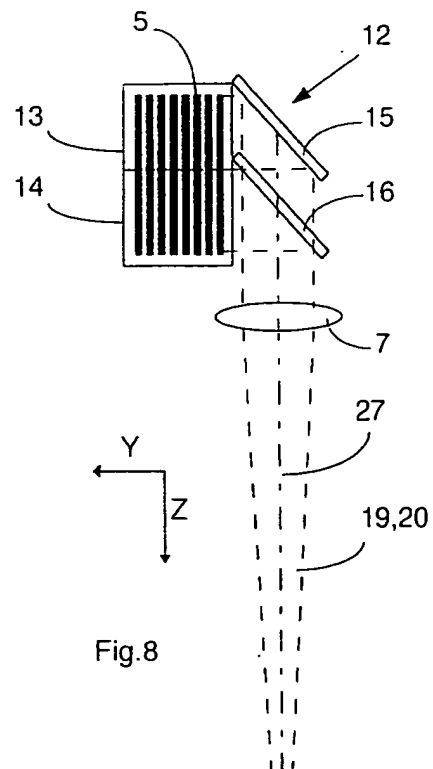
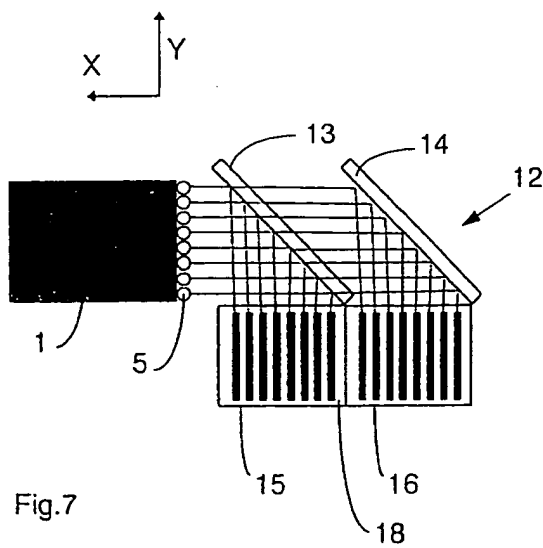
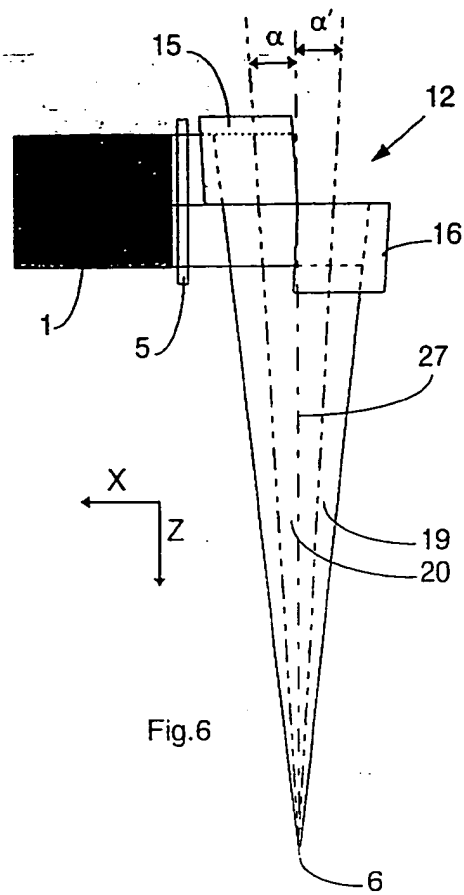
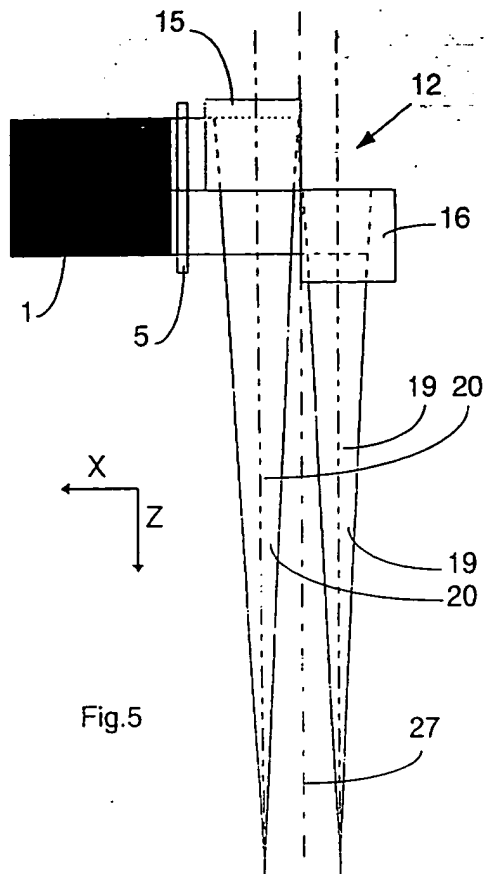


Fig. 4



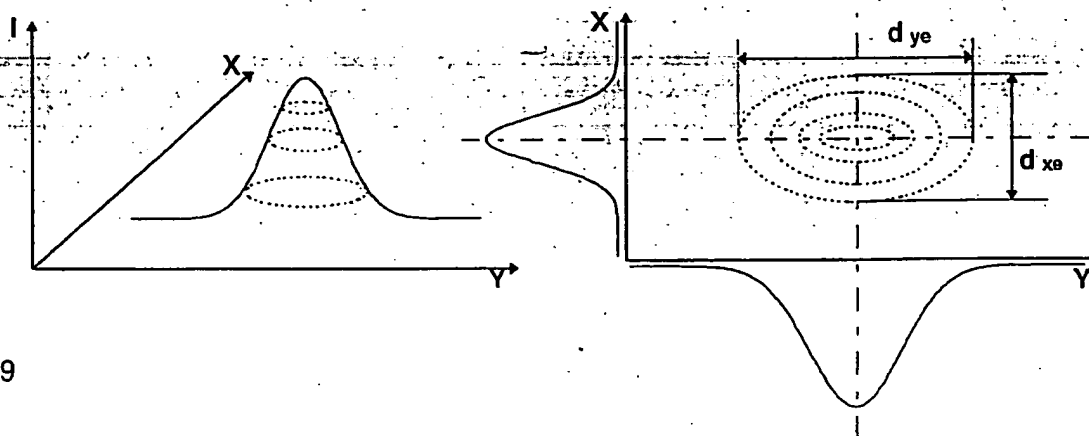


Fig.9

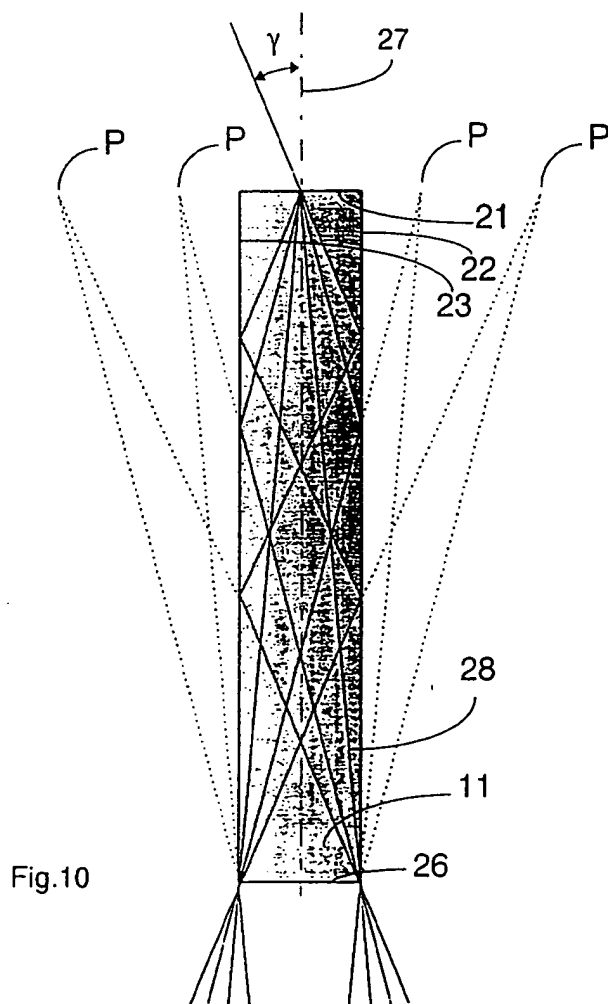


Fig.10

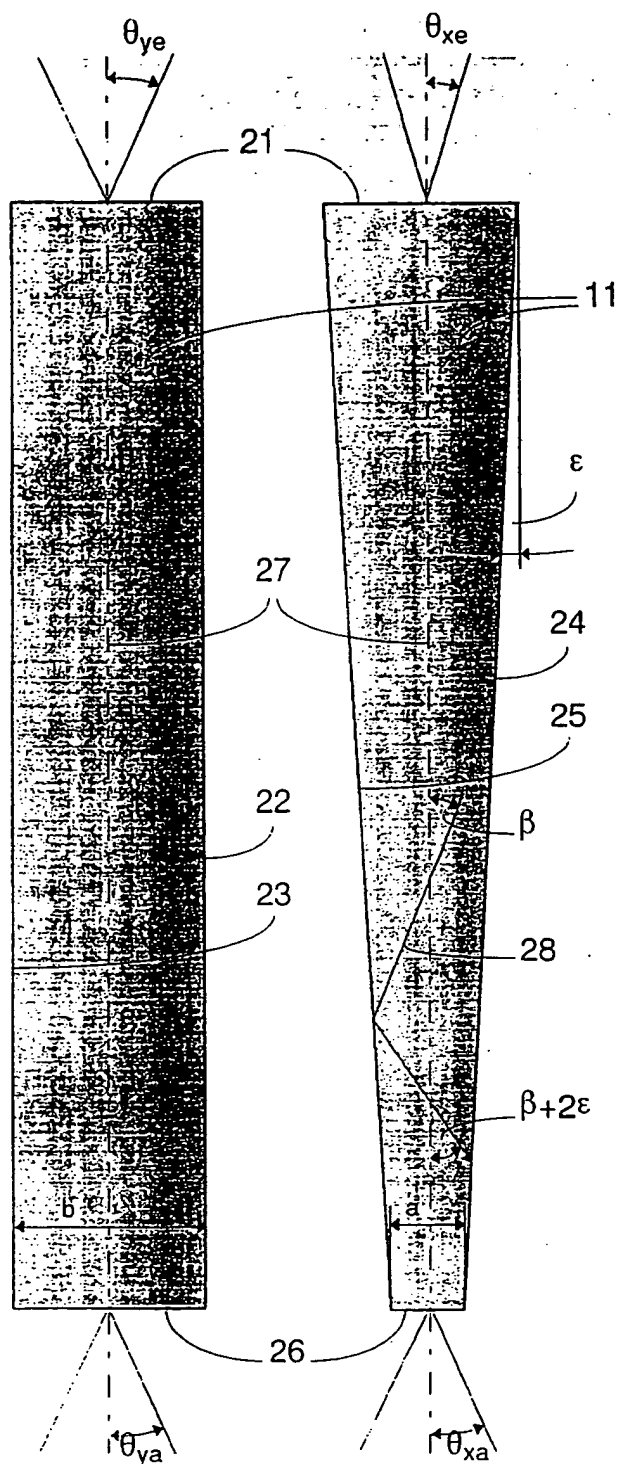
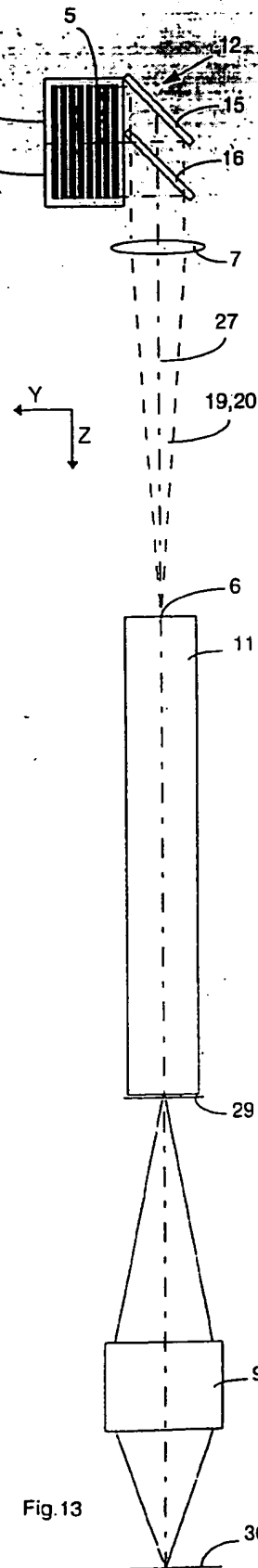
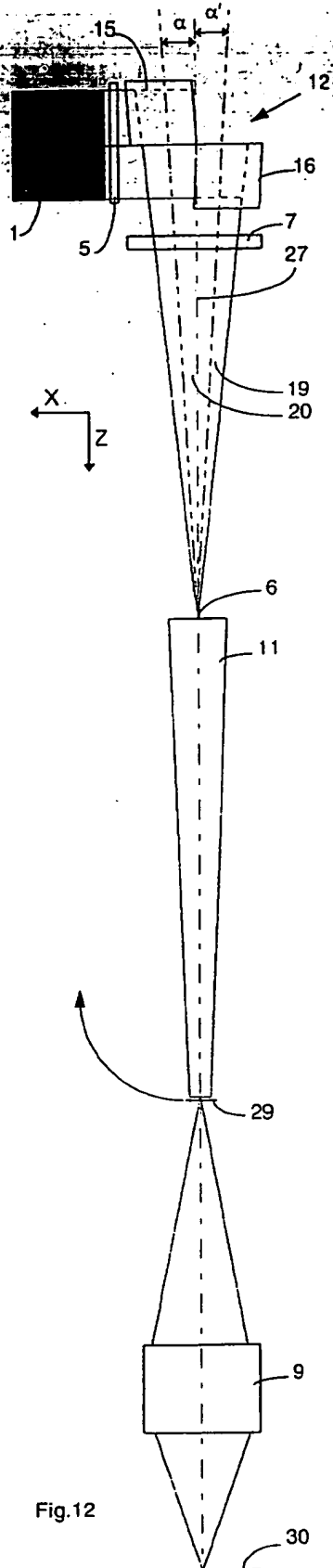
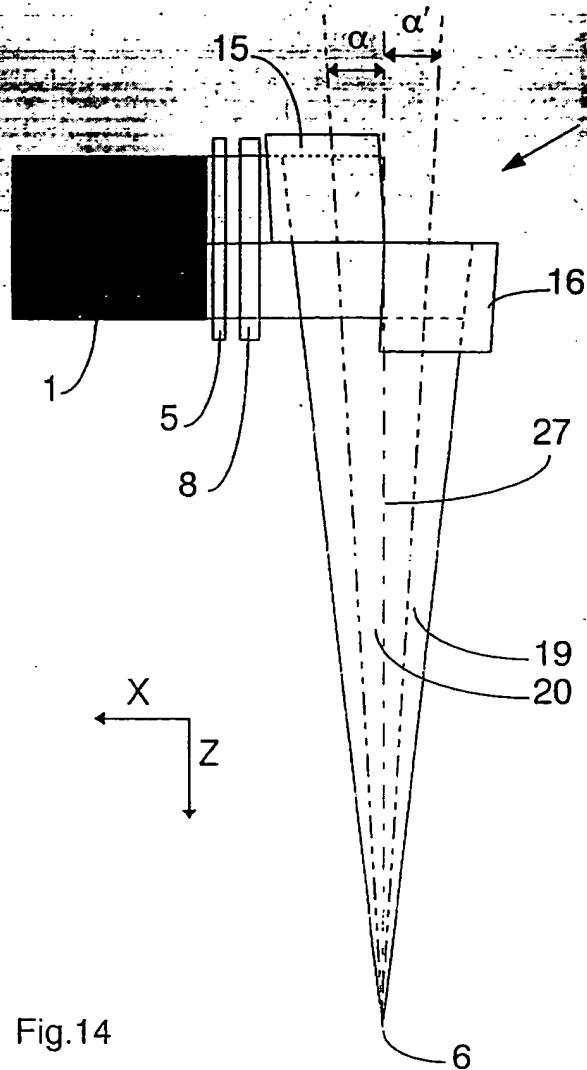


Fig.11





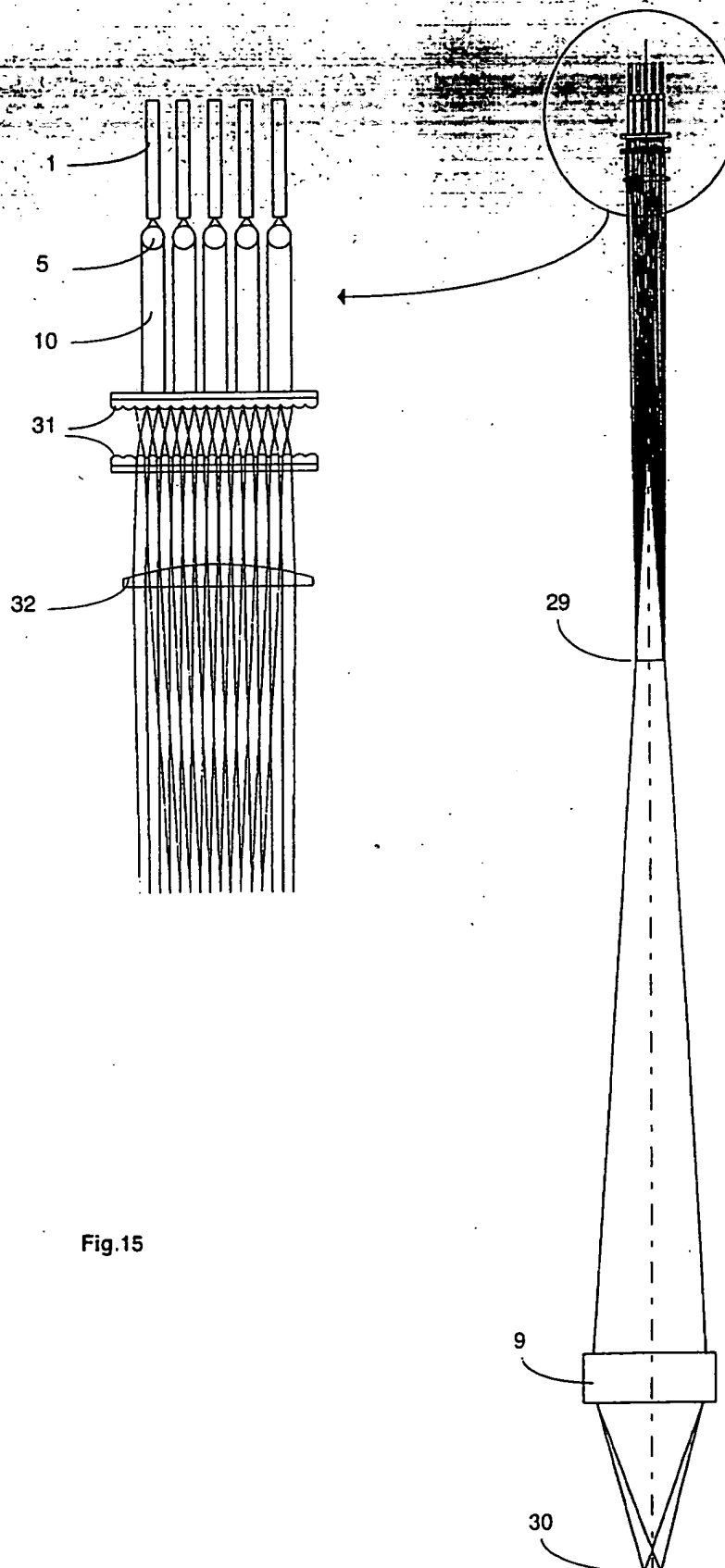


Fig.15

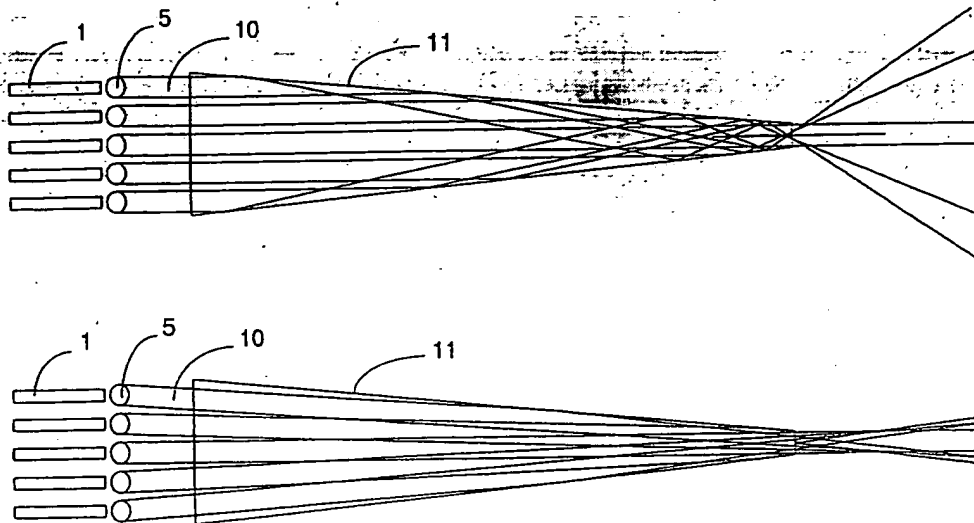


Fig. 16

Docket # A-2881
Applic. # 09/901,525
Applicant: Beier

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101